

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
22. November 2001 (22.11.2001)

PCT

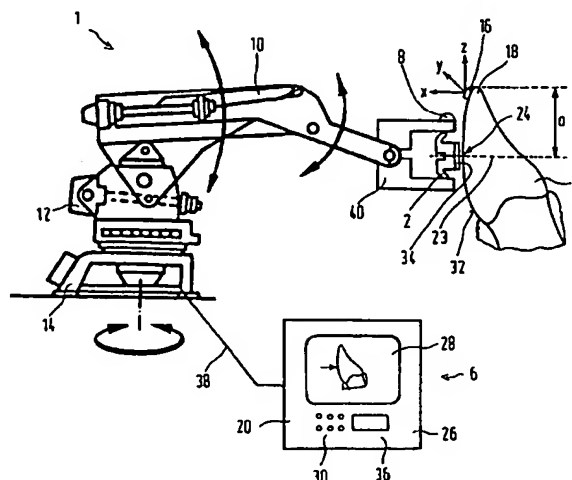
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/87179 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: A61C 7/14 (71) Anmelder und
(72) Erfinder: NADLER, Albert [DE/DE]; Reisinger Strasse
39a, 86159 Augsburg (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE01/01699 (74) Anwalt: WIEDEMANN, Markus; Karolinenstrasse 21,
86150 Augsburg (DE).
- (22) Internationales Anmeldedatum: 3. Mai 2001 (03.05.2001) (81) Bestimmungsstaaten (*national*): CA, JP, US.
- (25) Einreichungssprache: Deutsch (84) Bestimmungsstaaten (*regional*): europäisches Patent (AT,
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,
NL, PT, SE, TR).
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 100 24 833.0 19. Mai 2000 (19.05.2000) DE — mit internationalem Recherchenbericht
- Veröffentlicht:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR PLACING ORTHODONTIC APPLIANCE BRACKETS ONTO TEETH

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM PLATZIEREN VON ZAHNSPANGEN-BRACKETS AUF ZÄHNEN



WO 01/87179 A1

(57) Abstract: The invention relates to a method and device (1) for automatically placing orthodontic appliance brackets (2) onto teeth (4), whereby the device (1) comprises the following units that can be controlled by a control unit (36): a) a measuring unit (6) for measuring the dimensions of at least one tooth (4) and for generating a dimensions data record of the tooth (4); b) a calculating unit (26) for calculating a placement location (24) for a bracket (2) on the tooth (4) according to the measured dimensions data record and to standard values, said values being stored in a memory and defining the position of the placement location (24) relative to the indicated areas (18, 22) of the tooth (4); c) a handling unit (12) for marking the placement location (24) on the tooth (4) and/or for directly placing the bracket (2) at the calculated placement location (24) of the tooth (4).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung (1) zum automatischen Platzieren von Zahnsparngen-Brackets (2) auf Zähnen (4), wobei die Vorrichtung (1) folgende, von einer Steuereinrichtung (36) austeuerebare Einrichtungen beinhaltet; a) eine Messeinrichtung

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(6) zum Vermessen der Geometrie wenigstens eines Zahnes (4) und zum Generieren eines Geometrie-Datensatzes des Zahnes (4); b) eine Berechnungseinrichtung (26) zur Berechnung eines Platzierungsortes (24) für ein Bracket (2) an dem Zahn (4) in Abhängigkeit des gemessenen Geometrie-Datensatzes und von in einem Speicher gespeicherten Standardwerten, welche die Lage des Platzierungsortes (24) relativ zu ausgezeichneten Bereichen (18, 22) des Zahnes (4) definieren; c) eine Handhabungseinrichtung (12) zum Markieren des Platzierungsortes (24) am Zahn (4) und/oder zum direkten Platzieren des Brackets (2) am berechneten Platzierungsort (24) des Zahnes (4).

Vorrichtung und Verfahren zum Platzieren von Zahnspangen-Brackets auf Zähnen

Beschreibung

Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einer Vorrichtung und von einem Verfahren zum Platzieren von Zahnspangen-Brackets auf Zähnen gemäß Anspruch 1, Anspruch 12 und Anspruch 14.

Im Rahmen der kosmetischen Zahnregulierung sind Zahnspangen bekannt, bei denen ein eine ideale Zahnbogenform aufweisender Metallbogen unter Spannung in Schlitze an den Zahnaußenflächen oder Zahninnenflächen angeklebter Metallplättchen - im folgenden Brackets genannt - eingehängt wird. Hierbei wird der Metallbogen elastisch verformt und hat durch die elastischen Rückstellkräfte bedingt die Tendenz, seine ursprüngliche Form einzunehmen. Mit der Zeit geben die Zähne den Rückstellkräften des Metallbogens - beispielsweise durch Kippen um eine horizontale Achse, Drehen um eine Hochachse

und/oder durch translatorische Bewegungen - nach und richten sich an ihm ähnlich Perlen an einer Schnur aus.

Unabdingbare Voraussetzung zum Erzielen einer idealen Positionierung der Zähne mit Hilfe einer solchen Zahnspange ist allerdings, daß die Brackets exakt an den hierfür vorgesehenen Stellen an der Zahnfläche platziert werden. Eine diesbezüglich zu bevorzugende Stelle ist hierbei der Schnittpunkt zwischen der in die Zahnfläche projizierten vertikalen Zahnachse mit einer Höhenlinie, welche einen bestimmten vertikalen Abstand von der Schneidenkante oder der Kaufläche des Zahnes aufweist. Bei einer außermittigen Falschplatzierung des Brackets würde beispielsweise ein Biegemoment auf den betroffenen Zahn ausgeübt werden, das ihn in eine schiefe Position kippt.

Die Ermittlung der vertikalen Zahnachse geschieht meist durch visuelles Schätzen des Kieferorthopäden unter Zuhilfenahme einer Röntgenaufnahme des Gebisses, in welcher der zur Zahnachse koaxiale Wurzelverlauf zu sehen ist. Der vertikale Brackettschlitz soll nicht nur entlang der Zahnachse ausgerichtet sein, sondern er soll sich außerdem genau in der Zahnmitte, d.h. auf der Halbierenden der maximalen horizontalen Ausdehnung des Zahnes befinden. Auch hier wird vom Kieferorthopäden durch genaues Betrachten des Zahnes geschätzt. Zur Bestimmung einer geeigneten Höhenlinie des Platzierungsortes werden handelsübliche, auf bestimmte Höhenlinien vorkonfektionierte Klebekreuze verwendet, mit denen man in die Schlitz der zu positionierenden Brackets greift und diese anschließend auf der Zahnfläche solange nach oben oder unten bewegt, bis sich ein Führungsteil des Klebekreuzes auf der Schneidenkante oder der Kaufläche des Zahnes abstützen kann. In diesem Fall befindet sich der horizontale Bracket-Schlitz genau auf der gewünschten Höhenlinie. Ab-

hängig von der Art des jeweiligen Zahnes ist hier eine zahntypabhängige Platzierung der Brackets notwendig.

Vor der Platzierung muß auf die zum Zahn weisende Fläche des Brackets ein spezieller Klebstoff aufgetragen werden, welcher sehr schnell, meist innerhalb einer Minute aushärtet. Der Zahn wird dann wie folgt vorbereitet : Anätzen der zu beklebenden Fläche, Trocknen und Bepinseln mit einem speziellen Klebstoff - Bonding genannt – derselben Fläche. Die Brackets werden dann, eventuell unter Zuhilfenahme einer Lupenbrille, auf die gegebenenfalls zuvor per Hand markierte Stelle gedrückt. Hat man das Bracket auf der falschen Stelle platziert und ist innerhalb der kurzen Aushärtungszeit keine Korrektur gelungen, so muß das Bracket wieder vom Zahn entfernt, der ausgehärtete Kleber von der Zahnfläche und vom Bracket abgeschliffen und die Prozedur von neuem begonnen werden.

Oft werden mehr als 20 Zähne mit Brackets beklebt, so daß, eventuelle Korrekturen eingeschlossen, ein erheblicher zeitlicher und handwerklicher Aufwand notwendig ist bis alle Brackets korrekt platziert sind. Im Hinblick auf die gestiegenen Kosten im Gesundheitswesen stellt dies aber einen äußerst unbefriedigenden Zustand dar.

Der vorliegenden Erfindung liegt demzufolge die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung sowie ein Verfahren zur Verfügung zu stellen, bei welchem auf schnelle und kostengünstige Weise ein genaues Platzieren von Zahnspangen-Brackets auf Zähnen möglich ist.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die Merkmale von Anspruch 1, Anspruch 12 und Anspruch 14 gelöst.

Vorteile der Erfindung

Wegen der automatisierten Bracket-Platzierung mittels der Vorrichtung gemäß Anspruch 1 wird gegenüber der üblichen Platzierung per Hand eine wesentlich höhere Wiederholgenauigkeit mit geringerer Fehlerrate erzielt. Das bei der herkömmlichen Methode übliche Korrigieren einzelner Brackets nach einer gewissen Tragezeit kann dadurch im wesentlichen entfallen. Infolgedessen verkürzt sich die Gesamttragezeit der Spange, wodurch das durch die Spange hervorgerufene zusätzliche Kariesrisiko verringert wird. Bei der Vorrichtung gemäß Anspruch 12 wird die Zahngeometrie des betroffenen Zahnes auf einem Monitor dargestellt und anschließend der geeignete Platzierungsort von einer Bedienperson eingegeben. Die Platzierung des Brackets am Zahn erfolgt wiederum durch die Handhabungseinrichtung, weshalb auch hier die hohen Genauigkeitsanforderungen erfüllt werden. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren gemäß Anspruch 14 geht eine erhebliche Zeitersparnis einher, wodurch die Behandlungskosten merklich gesenkt werden können. Zur Kostensenkung trägt auch bei, daß wegen des automatisierten Verfahrens das System auch durch gegenüber einem Zahnarzt oder Kieferorthopäden geringer qualifizierte Personen wie beispielsweise durch eine Arzthelferin bedienbar ist.

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der Erfindung möglich.

Gemäß einer besonders zu bevorzugenden Maßnahme umfaßt die Handhabungseinrichtung einen mehrachsigen Roboter mit einem Roboterarm und einem Greifer, durch welchen ein Bracket oder ein Markierungsmittel, beispielsweise eine Graphitmine, gehalten ist, wobei der Roboter durch die Steuereinrichtung derart ansteuerbar ist, daß der

Roboterarm den Bracket an den Platzierungsort heranführt und ihn gegen den Zahn preßt oder mittels der Markierungsmittel am Platzierungsort eine sichtbare Markierung anbringt.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, daß die Handhabungseinrichtung am Zahn lösbar befestigt ist, vorzugsweise mittels eines den Zahn übergreifenden Spannarmes, wobei das Bracket durch einen relativ zu einem zahnfesten Rahmen der Handhabungseinrichtung bewegbaren Greifer geführt ist, welcher durch die Steuereinrichtung derart ansteuerbar ist, daß dieser den Bracket an den Platzierungsort heranführt und ihn gegen den Zahn preßt oder mittels der Markierungsmittel am Platzierungsort eine sichtbare Markierung anbringt.

Gemäß einer Weiterbildung beinhaltet die optische Meßeinrichtung einen vorzugsweise an der Handhabungseinrichtung festgelegten optischen Sensor, wobei die Handhabungseinrichtung durch die Steuereinheit ansteuerbar ist, um den Sensor entlang des Zahnes zu führen und den Geometrie-Datensatz bezogen auf den einen Ursprung eines Meßkoordinatensystems bildenden Referenzpunkt zu erzeugen und ihn im Speicher der Steuereinheit abzulegen.

Eine bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß im Speicher wenigstens für einige der verschiedenen Zahntypen wie Schneidezähne oder Backenzähne jeweils ein Geometrie-Datensatz und ein geeigneter Platzierungsort für ein Bracket als zahntypabhängige Standardwerte gespeichert sind. Im weiteren ist eine Verknüpfungsstufe vorgesehen, durch welche aufgrund eines Vergleichs des gemessenen Geometrie-Datensatzes mit den gespeicherten Geometrie-Datensätzen der Typ des vermessenen Zahnes feststellbar und der diesem Zahntyp entsprechende Standardwert für den Platzierungsort

der Bracket aus dem Speicher auslesbar ist, vorzugsweise als ein auf die Zahnachse und die Schneidenkante oder die Kaufläche des jeweiligen Zahntyps bezogener Wert. Die Berechnungseinrichtung ist dann durch die Steuereinrichtung derart ansteuerbar, daß sie zunächst die tatsächliche Lage der Zahnachse und der Schneidenkante oder der Kaufläche des Zahnes aus dem gemessenen Geometrie-Datensatz und dann anhand des aus dem Speicher ausgelesenen Standardwerts einen referenzpunktbezogenen Platzierungsort für das Bracket berechnet.

In Weiterbildung hierzu ist eine von der Steuereinrichtung ansteuerbare kombinierte Eingabe- und Anzeigeeinrichtung vorgesehen, zur Eingabe von Daten betreffend an welchen Zähnen des Gebisses Brackets platziert werden sollen, zur Darstellung des berechneten Platzierungsortes auf einem Monitor und zur Korrektur des berechneten Platzierungsortes.

Schließlich ist die Handhabungseinrichtung durch die Steuereinrichtung derart ansteuerbar, daß ein rückseitig mit Klebstoff versehenes Bracket an den Platzierungsort heranzuführen und mittels eines definierten Drucks gegen eine Zahnfläche des Zahns drückbar ist.

Zeichnungen

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen :

Fig.1 eine stark schematisierte, nicht-maßstäbliche Seitenansicht einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungs-

gemäßen Vorrichtung während des Platzierens eines Brackets auf einem Zahn;

Fig.2 eine Vorderansicht des mit dem Bracket versehenen Zahnes von Fig.1.

Fig.3 eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung mit einer am Zahn befestigbaren Handhabungseinrichtung;

Fig.4 einen Querschnitt durch die Handhabungseinrichtung von Fig.3 entlang der Linie IV – IV.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Die in Fig.1 insgesamt mit 1 bezeichnete Vorrichtung dient in bevorzugter Ausführungsform zum Platzieren von Zahnspangen-Brackets 2 auf Zähnen eines menschlichen Gebisses, von welchem aus Maßstabsgründen nur ein Unterkieferfrontzahn 4 dargestellt ist.

Die Vorrichtung 1 beinhaltet eine elektronisch-optische Meßeinrichtung 6 zum Vermessen der Geometrie der zum Bekleben mit Brackets vorgesehenen Zähne, im folgenden betroffene Zähne 4 genannt. Hierzu bedient sie sich eines optischen Sensors 8, welcher an einem Handhabungsgerät 9, vorzugsweise an einem Roboterarm 10 eines mehrachsigen Roboters 12 geführt ist. Der Roboterarm 10 ist relativ zu einer vorzugsweise ortsfesten Basis 14 in drei Achsen dreh- und schwenkbar. Deshalb kann sein freies, mit dem optischen Sensor 8 versehenes Ende jeden Raumpunkt, insbesondere jeden Zahn 4 innerhalb der Mundhöhle des Patienten anfahren. Um Zugriff auf die Zähne zu gewährleisten, wird in die Mundhöhle ein handelsüblicher Wangenhalter eingesetzt.

Das Abtasten mittels des optischen Sensors 8 erfolgt zahnweise, wobei in einem Speicher der Meßeinrichtung 6 ein Datensatz x_i, y_i, z_i der Konturpunkte i als dreidimensionales Abbild des betroffenen Zahnes 4 in Bezug auf mindestens einen Referenzpunkt generiert wird. Der oder die Referenzpunkte sind vorzugsweise kopffest, beispielsweise ist für die Zähne des Oberkiefers ein eigener Referenzpunkt und für die Zähne des Unterkiefer ein eigener Referenzpunkt 16 vorhanden, der in Fig.1 und Fig.2 dargestellt ist.

Um die Referenzpunkte durch den optischen Sensor 8 erfaßbar zu machen, ist beispielsweise an der Schneidenkante 18 des in den Figuren dargestellten Unterkieferfrontzahnes 4 ein sensorerfaßbares Plättchen 16 aufgeklebt. Alternativ ist jede von einem optischen Sensor 8 erfaßbare Markierung möglich. Das Aufkleben des sensorerfaßbares Plättchens 16 erfolgt vorzugsweise durch den Roboter 12 selbst oder durch eine Arzthelferin jeweils einmal in jedem Kiefer. Die beiden Referenzpunkte 16 werden vor der Messung durch den vorzugsweise endseitig am Roboterarm 10 befestigten optischen Sensor 8 angefahren, um den Ursprung des Meß- oder Referenzkoordinatensystems x, y, z festzulegen. Gemäß einer Weiterbildung können auch mehrere sensorerfaßbare Plättchen 16, vorzugsweise wenigstens zwei, an den Zähnen festgelegt werden, um eine genaue Lagebestimmung der Zähne zu ermöglichen, auch wenn sich der Patient während der Behandlung bewegt.

Anstatt den Sensor 8 durch den Roboterarm 10 zu führen, könnte wenigstens ein solcher Sensor 8 auch an dem in die Mundhöhle eingesetzten Wangenhalter festgelegt sein, welcher in Bezug zum Kopf des Patienten ortsfest ist und somit die Gefahr einer Fehlmessung aufgrund von Kopfbewegungen des Patienten reduziert wird. Der Wangenhalter ist dabei derart ausgebildet, daß er sich weit in die Mund-

höhle hinein erstreckt, vorzugsweise bis zu den letzten vorhandenen Molaren.

Im Speicher der Meßeinrichtung 6 sind Standardwerte für die Geometrie sämtlicher Zähne des menschlichen Gebisses gespeichert. Eine in einem Gehäuse der Meßeinrichtung 6 integrierte Verknüpfungsstufe 20 vergleicht die Geometriedaten der mittels der Meßeinrichtung 6 vermessenen Zähne 4 mit den gespeicherten Standardwerten. Ergebnis dieses Vergleichs ist eine Zuordnung der vermessenen Zähne zu den gespeicherten Zahntypen wie beispielsweise erster unterer Backenzahn, zweiter oberer Schneidezahn usw.. Für jeden der Zahntypen enthält der Speicher darüber hinaus einen Standardwert für den optimalen Platzierungsort eines Brackets 2 bezogen auf das Meß- oder Referenzkoordinatensystem x , y , z . Als Referenzlinien für den Platzierungsort des Brackets dienen ausgezeichnete Bereiche oder Linien des Zahnes, üblicherweise die Zahnachse 22 (Fig.2) und die Schneidenkante 18 bzw. die Kaufläche, von welcher eine Höhenlinie 23 des Platzierungsortes 24 des Brackets 2 einen zahntypabhängigen Abstand a hat, wie in Fig.1 gezeigt ist. Alternativ könnte der Platzierungsort 24 auch als zahntypenunabhängiger Wert gespeichert sein, d.h. daß eine Identifizierung des jeweils vorliegenden Zahntyps durch die Verknüpfungsstufe entfallen kann und die Höhenlinie 23 des Platzierungsortes 24 für jeden betroffenen Zahn 4 einen konstanten Abstand a von der Scheidenkante 18 bzw. von der Kaufläche aufweist.

Im weiteren ist eine in das Gehäuse der Meßeinrichtung 6 integrierte Berechnungseinrichtung 26 vorgesehen, durch welche in Abhängigkeit der gemessenen Geometriedaten des betroffenen Zahnes 4 jeweils die Lage der Zahnachse 22 berechenbar ist. Aufgrund des mittels der Verknüpfungsstufe 20 ermittelten Zahntyps ist aus dem Speicher ein auf diesen Zahntyp bezogener Standardwert für den Abstand

a von der Schneidenkante 18 auslesbar, so daß der optimale Platzierungsort 24 für den Bracket auf einem Monitor 28 zusammen mit dem betroffenen Zahn 4 anzeigbar ist. Die Bedienperson der Vorrichtung 1 ist dann aufgrund der Anzeige am Monitor 28 in der Lage, den Platzierungsort 24 zu kontrollieren. Zusätzlich kann eine Eingabeeinrichtung 30 vorgesehen sein, um den am Monitor 28 angezeigten Platzierungsort 24 durch die Bedienperson nachträglich zu ändern und/oder um eingeben zu können, welche Zähne mit Brackets zu versehen sind. Hierzu kann der Monitor 28 beispielsweise als touch-screen ausgebildet sein. Die eingegebenen und/oder geänderten Daten betreffend die Geometrie der Zähne sowie den jeweiligen Platzierungsort 24 werden im Speicher abgelegt. Die optische Meßeinrichtung 6 ist derart ausgebildet, daß sie aufgrund des gemessenen Datensatzes in der Lage ist, Unstetigkeitsstellen an der labialen Zahnfläche 32, beispielsweise eine Kante zu erkennen. Falls nun im Bereich des Platzierungsortes 24 eine solche Unstetigkeitsstelle vorhanden sein sollte, wird diese Information ebenfalls gespeichert.

Alternativ könnten die aufgrund der optischen Vermessung der betroffenen Zähne durch die Meßeinrichtung 6 gewonnenen Daten als dreidimensionales Zahnabbild auf dem touch screen 28 dargestellt werden, wobei der Platzierungsort 24 an der labialen Zahnfläche 32 oder an der lingualen Zahnfläche durch die Bedienperson über den touch screen identifizierbar und im Speicher ablegbar ist. In einem solchen Fall kann eine Berechnung des Platzierungsortes 24 aus den gemessenen Geometriedaten entfallen.

Während einer der Platzierung der Brackets 2 vorgeordneten Vorbereitungsphase werden die betroffenen Zähne mit Luftspray getrocknet, mit Alkohol entfettet und anschließend erneut getrocknet. Ein Ätzel, beispielsweise 30%tige Phosphorsäure wird auf die zu bekle-

bende Zahnfläche 32 aufgetragen und nach etwa 30 Sekunden mit Wasser und einem Sauger abgespült. Anschließend werden die Zähne 4 mit Luftspray und Sauger getrocknet und ein schnellaushärtender Kleber oder Bonding jeweils auf die zur labialen Zahnfläche 32 weisende Fläche 34 der Brackets 2 aufgetragen. Alle während der Vorbereitungsphase ausgeführten Arbeiten sind durch Aufnahme entsprechender Werkzeuge am Roboterarm 10 vom Roboter 12 selbst ausführbar, welcher durch ein entsprechendes Programm einer zentralen Steuereinheit 36 ansteuerbar ist, welche ebenfalls in das Gehäuse der Meßeinrichtung 6 integriert ist. Alternativ könnten diese Arbeiten auch durch die Arzthelferin ausgeführt werden. Die zentrale Steuereinheit 36 steht mit dem Roboter 12 durch ein elektrisches Kabel 38 in Verbindung und steuert außerdem die Verknüpfungsstufe 20, die Berechnungseinrichtung 26, den Monitor 28 und die Eingabeeinrichtung 30 an und koordiniert deren Funktionen.

In die zentrale Steuereinheit 36 kann eine Software integriert sein, mit welcher verschiedene Therapiekonzepte virtuell durchgespielt werden können. Hierzu kann auch die beispielsweise am Monitor 28 anzeigbare Empfehlung gehören, bestimmte Zähne zu ziehen, um ein optimales Behandlungsergebnis zu erzielen. Die zentrale Steuereinheit 36 der Vorrichtung 1 kann außerdem Routinen mit Entscheidungskriterien umfassen, nach welchen für jeden Zahn ein bestimmter Typ von Bracket 2 auswählbar ist, wobei die Entscheidung vorzugsweise in Abhängigkeit der jeweils gemessenen Zahngeometrie erfolgt. Der für den jeweiligen Zahn ausgewählte Bracket-Typ kann dann beispielsweise am Monitor 28 als Empfehlung angezeigt werden. Gemäß einer Weiterentwicklung kann die Vorrichtung 1 ein Rapid-Prototyping-System für Brackets 2 enthalten, mit dessen Hilfe die jeweiligen Bracket-Typen

vor Ort herstellbar sind. Dadurch kann eine aufwendige und teure Lagerhaltung verschiedener Typen von Brackets 2 entfallen.

Zum Platzieren der Brackets 2 an den betroffenen Zähnen 4 wird der Roboter 12 von der zentralen Steuereinheit 36 derart angesteuert, daß ein am freien Ende des Roboterarms 10 angeordneter Greifer 40 ein Bracket 2 des ausgewählten Typs aus einem aus Maßstabsgründen nicht dargestellten Magazin aufnimmt und ihn an den dem jeweiligen Zahn 4 zugeordneten, von der Berechnungseinrichtung 26 berechneten und aus dem Speicher ausgelesenen Platzierungsort 24 an der labialen Zahnfläche 32 oder an der lingualen Zahnfläche heranzuführt. Falls der aus dem Speicher gelesene Platzierungsort 24 eine zusätzliche Information darüber enthält, daß sich dieser im Bereich einer Unstetigkeitsstelle der Zahnfläche 32 befindet, wird ein entsprechend geformter Typ von Bracket aus dem Magazin entnommen. Der aus dem Speicher gelesene Wert für den Platzierungsort 24 ist wie die Meßdaten der vorangehenden Messungen auf das Meß- oder Referenzkoordinatensystem x, y, z bezogen. Danach wird das Bracket 2 vom Roboterarm 10 unter definiertem Druck gegen die Zahnfläche 32 gepreßt. Der Roboterarm 10 des Roboters 12 kann selbstverständlich auch derart ausgebildet sein, daß das Bracket 2 anstatt an der labialen Zahnfläche 32 an der lingualen Zahnfläche platziert wird.

Zweckmäßig ist das die Brackets 2 speichernde Magazin am Roboterarm 10 angeordnet und lädt die Brackets 2 direkt in den Greifer 40. Da der Platzierungsort 24 für jeden betroffenen Zahn 4 im Speicher abgelegt ist, kann die Bestückung der Zähne 4 mit Brackets 2 in sehr kurzer Zeit erfolgen. Die Aushärtung des Bondings und des Klebstoffs erfolgt unter blauem Licht. Hierfür ist in den Roboterarm 10 ein Lichtleiter integriert, dessen Ausgangsstrahl den jeweiligen Zahn beleuchtet, wobei die Beleuchtungszeit ungefähr 2,5 Sekunden je Zahn be-

trägt, um den Klebstoff vorzuhärten. Später werden die Zähne nochmals etwa je 20 Sekunden lang von Hand beleuchtet.

In der Praxis ist nicht auszuschließen, daß der Patient seinen Kopf während der Bracketplatzierung bewegt. Deshalb ist in der zentralen Steuereinheit 36 eine Trackingfunktion integriert, welche eine Kopfbewegung durch Änderung der Lage des Referenzpunktes 16 relativ zum Sensor 8 erkennt und den Roboterarm 10 entsprechend nachführt. Nach Bestückung der Zähne 4 mit Brackets 2 werden die beiden Referenzmarken 16 schließlich vom Roboter 12 angefahren und mittels des Greifers 40 entfernt. Alternativ könnte dies auch durch die Arzthelferin erfolgen.

Der Greifer 40 könnte als Markierungsmittel beispielsweise eine Graphitmine tragen, um den Platzierungsort 24 an der Zahnfläche 32 vorzugsweise dadurch zu markieren, daß die in die Zahnfläche 32 projizierte Zahnachse 22 sowie die jeweilige Höhenlinie 23 auf der Zahnfläche 32 markiert werden, wobei im Schnittpunkt der beiden Linien 22, 23 der Platzierungsort 24 für den Bracket liegt, welcher dann von Hand aufgeklebt werden könnte.

Darüber hinaus könnte die erfindungsgemäße Vorrichtung 1 auch dazu dienen, die Lage bereits geklebter Brackets 2 mittels der optischen Meßeinrichtung 6 zu erfassen und deren Position 24 anhand gemessener Geometriedaten und der im Speicher abgelegten Standardwerte zu bewerten. In diesem Fall kann der Monitor 28 von der zentralen Steuereinheit 36 derart ansteuerbar ausgebildet sein, daß die Zähne mit an vom jeweils errechneten Platzierungsort 24 abweichender Stelle aufgeklebten Brackets 2 angezeigt werden.

In Fig.3 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel der Vorrichtung 1 dargestellt, bei welchen ein Handhabungsgerät 42 für die Brackets 2 direkt am betroffenen Zahn 4 lösbar befestigt ist, und zwar wenigstens

während der Meß- und Platzierungsphase. Identische bzw. in ihrer Funktion analog wirkende Bauteile und Baugruppen sind hierbei mit den gleichen Bezugszahlen bezeichnet wie bei der vorangehend beschriebenen Ausführungsform. Das Handhabungsgerät 42 beinhaltet einen länglichen, endseitig mit einem Griff 44 versehenen länglichen Rahmen 46 mit einem Spannarm 48, der den betroffenen Zahn 4 übergreift und den Rahmen 46 an der lingualen Zahnfläche 50 derart kontaktiert, daß das Handhabungsgerät 42 mit seiner zur labialen Zahnfläche 32 weisenden Stirnfläche 52 gegen diese gespannt wird. Der Rahmen 46 weist eine zentrale, zur labialen Zahnfläche 32 hin offene, vorzugsweise viereckige Ausnehmung 54 auf, innerhalb welcher ein den Sensor 8 tragender Greifer 56 bewegbar ist, der ein Bracket 2 hält. Hierzu ist eine Kreuzführung 58 für den Greifer 56 vorgesehen, wie am besten anhand von Fig.4 zu sehen ist, so daß der Greifer 56 jeden Punkt an dem von der Stirnfläche 52 des Rahmens 46 begrenzten Teil der labialen Zahnfläche 32 erreichen kann. Zusätzlich ist der Greifer 56 durch eine Anstelleinrichtung 60 senkrecht zur labialen Zahnfläche 32 bewegbar, so daß das Bracket 2 an dem mittels der Kreuzführung 58 angefahrenen Platzierungsort 24 an die labiale Zahnfläche 32 gedrückt werden kann, während der Rahmen 46 durch den Spannarm 48 am Zahn 4 fixiert ist. Hierdurch bleibt das Platzierungsergebnis des Brackets 2 von eventuellen Kopfbewegungen des Patienten unbeeinflusst. Wie bei der vorangehend beschriebenen Ausführungsform ist das Handhabungsgerät 42 durch ein Kabel 62 mit der zentralen Steuereinheit 36 ansteuerbar verbunden, alternativ könnte die Steuereinheit 36 aber auch direkt in den Rahmen 46 des Handhabungsgeräts 42 integriert sein.

Zum Vermessen des betroffenen Zahnes 4 und zum Platzieren des Brackets 2 wird das Handhabungsgerät 42 an seinem Griff 44 ge-

halten und am Zahn 4 durch Kontern des Spannarmes 48 angesetzt. Anschließend wird der von der Steuereinheit 36 angesteuerte Greifer 56 mittels der Kreuzführung 58 in die Platzierungsposition bewegt und das Bracket 2 durch eine Vorschubbewegung der Anstalleinrichtung 60 an die labiale Zahnfläche 32 gepresst. Die weiteren Schritte entsprechen denen der vorangehend beschriebenen Ausführungsform.

Patentansprüche

1. Vorrichtung (1) zum automatischen Platzieren von Zahnspangen-Brackets (2) auf Zähnen (4), beinhaltend folgende, von einer Steuereinrichtung (36) ansteuerbare Einrichtungen :
 - a) eine Meßeinrichtung (6) zum Vermessen der Geometrie wenigstens eines Zahnes (4) und zum Generieren eines Geometrie-Datensatzes des Zahnes (4);
 - b) eine Berechnungseinrichtung (26) zur Berechnung eines Platzierungsortes (24) für ein Bracket (2) an dem Zahn (4) in Abhängigkeit des gemessenen Geometrie-Datensatzes und von in einem Speicher gespeicherten Standardwerten, welche die Lage des Platzierungsortes (24) relativ zu ausgezeichneten Bereichen (18, 22) des Zahnes (4) definieren;
 - c) eine Handhabungseinrichtung (12) zum Markieren des Platzierungsortes (24) am Zahn (4) und/oder zum direkten Platzieren des Brackets (2) am berechneten Platzierungsort (24) des Zahnes (4);
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Handhabungseinrichtung einen mehrachsigen Roboter (12) mit einem Roboterarm (10) und mit einem Greifer (40) umfaßt, durch welchen ein Bracket (2) oder ein Markierungsmittel, beispielsweise eine Graphitmine, gehalten ist, wobei der Roboter (12) durch die Steuereinrichtung (36) derart ansteuerbar ist, daß der Roboterarm (10) den Bracket (2) an den Platzierungsort (24) heranzuführt und ihn gegen den Zahn (4) preßt

oder mittels der Markierungsmittel am Platzierungsort (24) eine sichtbare Markierung anbringt.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß zumindest die Handhabungseinrichtung (42) am Zahn (4) lösbar befestigt ist, vorzugsweise mittels eines den Zahn (4) übergreifenden Spannarmes (48), wobei das Bracket (2) durch einen relativ zu einem zahnfesten Rahmen (46) der Handhabungseinrichtung (42) bewegbaren Greifer (56) geführt ist, welcher durch die Steuereinrichtung (36) derart ansteuerbar ist, daß dieser den Bracket (2) an den Platzierungsort (24) heranführt und ihn gegen den Zahn (4) preßt oder mittels Markierungsmitteln am Platzierungsort (24) eine sichtbare Markierung anbringt.
4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Meßeinrichtung (6) wenigstens einen vorzugsweise an der Handhabungseinrichtung (9; 42) festgelegten optischen Sensor (8) umfaßt, wobei die Handhabungseinrichtung (9; 42) durch die Steuereinrichtung (36) ansteuerbar ist, um den wenigstens einen Sensor (8) entlang des Zahnes (4) zu führen und den Geometrie-Datensatz bezogen auf wenigstens einen den Ursprung eines Meßkoordinatensystems (x, y, z) bildenden Referenzpunkt (16) zu erzeugen und ihn in einem Speicher abzulegen.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Referenzpunkt für Zähne des Oberkiefers vorzugsweise an einer Schneidenkante eines Oberkieferfrontzahnes und für Zähne des Unterkiefers an der Schneidenkante (18) eines Unterkieferfrontzahnes (4) angeord-

net und jeweils vorzugsweise als ein sensorerfaßbares Plättchen (16) ausgebildet ist.

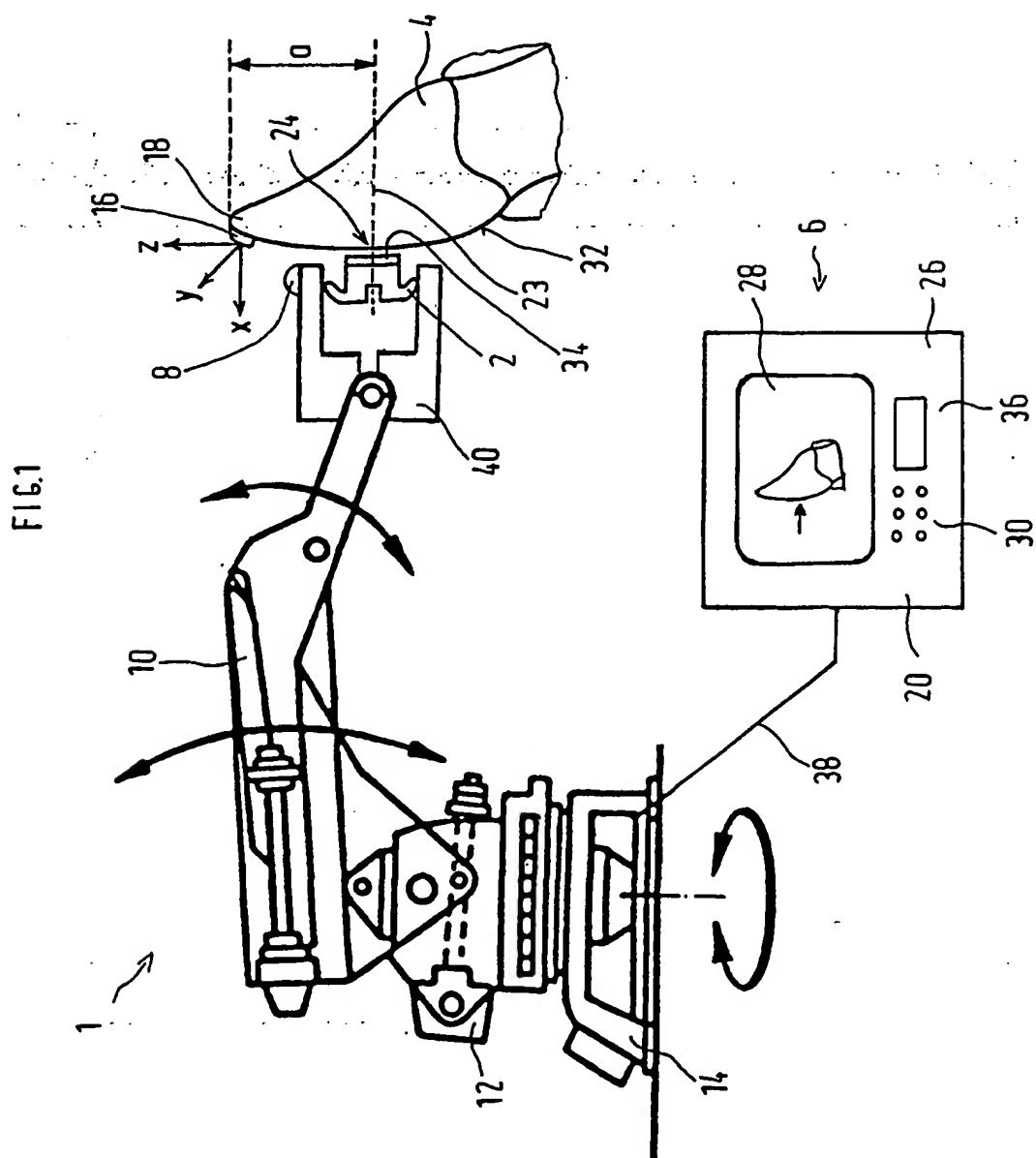
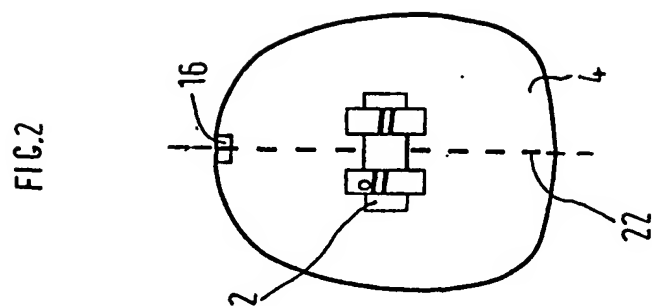
6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß durch den Speicher der Platzierungsort (24) für ein Bracket (2) als zahntypunabhängiger Standardwert speicherbar und auslesbar ist, vorzugsweise als ein auf die Zahnachse (22) und die Schneidenkante (18) oder die Kaufläche bezogener Wert.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß im Speicher wenigstens für einige der verschiedenen Zahntypen jeweils ein Geometrie-Datensatz und ein geeigneter Platzierungsort (24) für ein Bracket (2) als zahntypabhängige Standardwerte gespeichert sind.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine von der Steuereinrichtung (36) ansteuerbare Verknüpfungsstufe (20) vorgesehen ist, durch welche aufgrund eines Vergleichs des gemessenen Geometrie-Datensatzes mit den gespeicherten Geometrie-Datensätzen der Typ des vermessenen Zahnes (4) feststellbar und der diesem Zahntyp entsprechende Standardwert für den Platzierungsort (24) des Bracket (2) aus dem Speicher auslesbar ist, vorzugsweise als ein auf die Zahnachse (22) und die Schneidenkante (18) oder die Kaufläche des jeweiligen Zahntyps bezogener Wert.
9. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Berechnungseinrichtung (26) durch die Steuereinrichtung (36) derart ansteuerbar ist, daß sie zunächst die tatsächliche Lage der

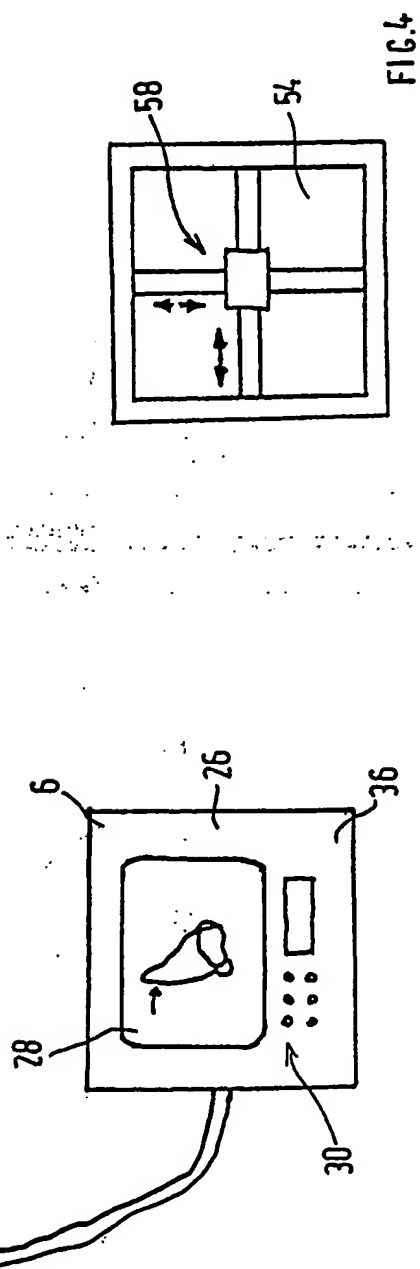
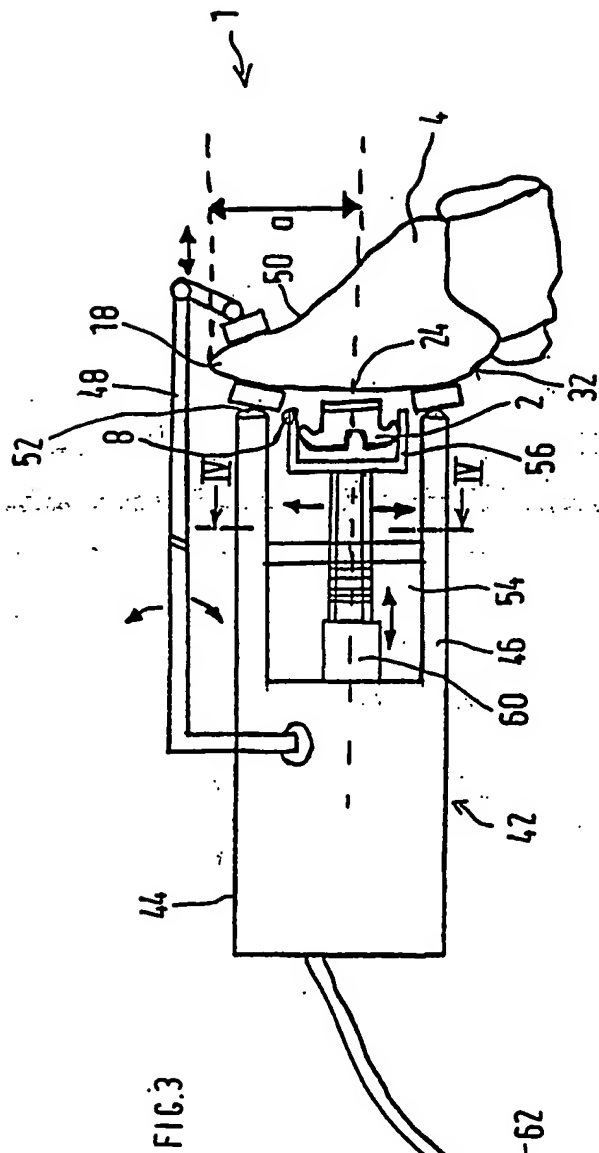
Zahnachse (22) und der Schneidenkante (18) oder der Kaufläche des Zahnes (4) aus dem gemessenen Geometrie-Datensatz und dann anhand des aus dem Speicher ausgelesenen Standardwerts einen referenzpunktbezogenen Platzierungsort (24) für das Bracket (2) berechnet.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß sie eine von der Steuereinrichtung (36) ansteuerbare kombinierte Eingabe- und Anzeigeeinrichtung (30) umfaßt, zur Eingabe von Daten betreffend an welchen Zähnen des Gebisses Brackets (2) platziert werden sollen, zur Darstellung des berechneten Platzierungsortes (24) auf einem Monitor (28) und zur Korrektur des berechneten Platzierungsortes (24).
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Handhabungseinrichtung (9; 42) durch die Steuereinrichtung (36) derart ansteuerbar ist, daß ein rückseitig mit Klebstoff versehenes Bracket (2) an den Platzierungsort (24) heranzuführen und mittels eines definierten Drucks gegen eine Zahnfläche (32) des Zahns (4) drückbar ist.
12. Vorrichtung (1) zum Platzieren von Zahnspangen-Brackets (2) auf Zähnen (4), beinhaltend folgende, von einer Steuereinrichtung (36) ansteuerbare Einrichtungen :
 - a) eine Meßeinrichtung (6) zum Vermessen der Geometrie wenigstens eines Zahnes (4) und zum Generieren eines Geometrie-Datensatzes des Zahnes (4);
 - b) eine Anzeigeeinrichtung zur Darstellung der Geometrie des vermessenen Zahnes (4);

- c) eine Eingabeeinrichtung zum Eingeben des Platzierungsortes (24) für ein Bracket (2) an dem Zahn (4) bezogen auf die dargestellte Geometrie;
 - d) eine Handhabungseinrichtung (12) zum Markieren des Platzierungsortes (24) am Zahn (4) und/oder zum direkten Platzieren des Brackets (2) am eingegebenen Platzierungsort (24).
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Anzeigeeinrichtung und die Eingabeeinrichtung durch einen touch screen gebildet sind.
14. Verfahren zum automatischen Platzieren von Zahnspangen-Brackets (2) auf Zähnen (4) eines menschlichen Gebisses zur kosmetischen Korrektur desselben, umfassend folgende Schritte :
- a) Vermessen der Geometrie wenigstens eines Zahnes (4) und Generieren eines Geometrie-Datensatzes des Zahnes (4) durch eine Meßeinrichtung (6);
 - b) Unter Verwendung eines digitalen Verarbeitungssystems elektronisches Berechnen eines Platzierungsortes (24) für ein Bracket (2) an dem Zahn (4) in Abhängigkeit des gemessenen Geometrie-Datensatzes und von in einem Speicher gespeicherten Standardwerten, welche die Lage des Platzierungsortes relativ zu ausgezeichneten Bereichen (18, 22) des Zahnes (4) definieren;
 - c) Markieren des Platzierungsortes (24) am Zahn (4) und/oder direktes Platzieren des Brackets (2) am Platzierungsort (24) des Zahnes (4) durch eine Handhabungseinrichtung (12).
15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Vermessen der Zahngeometrie, das Berechnen des Platzierungsortes (24)

sowie das Markieren oder Platzieren bezogen auf einen vorzugsweise kopffesten Referenzpunkt (16) erfolgt.





INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 01/01699

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 A61C7/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 A61C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	US 4 850 864 A (DIAMOND MICHAEL K) 25 July 1989 (1989-07-25) column 5, line 54 - column 6, line 68; column 11, line 11 - column 12, line 49; figures 1-3, 5, 9, 16-19	1, 3, 6-12, 14 2
X A	FR 2 656 215 A (VIELFAURE GUY) 28 June 1991 (1991-06-28) page 6, line 14 - page 7, line 15 page 9, line 10 - page 11, line 22 page 12, line 1-4; figures 1-3	1, 7, 8, 12, 14 2
A	WO 99 16380 A (NISSENBAUM BARUCH ; CADENT LTD (IL); KOPELMAN AVI (IL); TAUB ELDAD) 8 April 1999 (1999-04-08) page 12, line 1 - page 14, line 10; figures 2-4	1, 4

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

Z document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 September 2001

Date of mailing of the international search report

01/10/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Roche, O

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/DE 01/01699

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4850864	A	25-07-1989	NONE	
FR 2656215	A	28-06-1991	FR 2655838 A1 FR 2656215 A1	21-06-1991 28-06-1991
WO 9916380	A	08-04-1999	AU 9183198 A EP 1030621 A1 WO 9916380 A1	23-04-1999 30-08-2000 08-04-1999

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

In nationales Aktenzeichen

PCT/DE 01/01699

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 A61C7/14

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 A61C

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X A	US 4 850 864 A (DIAMOND MICHAEL K) 25. Juli 1989 (1989-07-25) Spalte 5, Zeile 54 - Spalte 6, Zeile 68 Spalte 11, Zeile 11 - Spalte 12, Zeile 49; Abbildungen 1-3, 5, 9, 16-19	1, 3, 6-12, 14 2
X A	FR 2 656 215 A (VIELFAURE GUY) 28. Juni 1991 (1991-06-28) Seite 6, Zeile 14 - Seite 7, Zeile 15 Seite 9, Zeile 10 - Seite 11, Zeile 22 Seite 12, Zeile 1-4; Abbildungen 1-3	1, 7, 8, 12, 14 2
A	WO 99 16380 A (NISSENBAUM BARUCH ; CADENT LTD (IL); KOPELMAN AVI (IL); TAUB ELDAD) 8. April 1999 (1999-04-08) Seite 12, Zeile 1 - Seite 14, Zeile 10; Abbildungen 2-4	1, 4

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

24. September 2001

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

01/10/2001

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Roche, O

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

tr. onales Aktenzeichen

PCT/DE 01/01699

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4850864	A	25-07-1989	KEINE
FR 2656215	A	28-06-1991	FR 2655838 A1 2656215 A1
WO 9916380	A	08-04-1999	AU 9183198 A EP 1030621 A1 WO 9916380 A1
			21-06-1991 28-06-1991 23-04-1999 30-08-2000 08-04-1999